

aliphatischen und aromatischen, determinierten indirekt in der kristallinen Gitterstruktur durch die Röntgenstrahlen, bestehen auch in der freien Molekülform, und sie unterscheiden sich in den beiden Reihen.

Endlich, die Elektronenbeugung an Molekülen kann noch einige Aufschlüsse über Probleme der Stereochemie geben. Die Isomerie cis und trans im Falle der Doppelbindung kann sich erkennen lassen aus der Tatsache, dass man bestimmte Abstände zwischen den Atomen erhalten muss; das ist zum Beispiel der Fall bei Dichloräthylen. Das Problem der freien oder eingeschränkten Rotation kann ebenfalls mit Erfolg (Dichloräthanol-2) mit dieser Methode gelöst werden.

Außerdem, Messungen an Benzol-Substituten ortho-meta-para eröffnen die Möglichkeit, die kleinen Verformungen, die der Benzol-Kern durch die Aufnahme von schwereren Atomen, Verformungen, die ebenfalls angedeutet sind durch einige Anomalien des Dipolmomentes. Man kann hoffen, ebenfalls den Mechanismus einer gasförmigen homogenen, durchstrahlten Reaktion zu untersuchen, indem man zum Beispiel den Elektronenstrahl an der Stelle der Begegnung zweier Dampfsysteme, und ableiten des Beugungsdiagramms die Existenz und die Struktur des Reaktionsproduktes.

Conclusion

Nun werden wir hier einige Beispiele, willkürlich begrenzt auf eine Auswahl, die ein wenig willkürlich ist. Viele andere Anwendungen sind noch zu erwarten.

sagen, die wir hier nicht besprechen können; ich hätte auch gleich Ihnen eine Technik ein wenig anders, die Elektronen «schnellen» von 30 bis 60000 Volt, Elektronen «langsam», beschleunigt nur durch einige hundert Volt, und die, obwohl viel weniger durchdringend als die vorhergehenden, können ebenfalls mit Erfolg in der Untersuchung der Adsorption und der Oberflächenzustände.

Obwohl es so ist, mein Ziel war vor allem zu zeigen den Lesern von «Experientia» dass man erwarten darf, dass eine Entdeckung zuerst rein theoretisch, dann allmählich in die Praxis übergeht; diese Entdeckung – die mechanische Wellentheorie – hat zu neuen Untersuchungsmethoden der Materie, wie der Elektronenanalyse und dem Elektronenmikroskop, die es wert ist, zu kennen die Möglichkeiten, wenn man sich bestimmten Problemen wissenschaftlicher oder technischer Art stellt.

Summary

The diffraction of electrons, based on the theories of undulatory mechanics (LOUIS DE BROGLIE), has grown now to a method of investigation into the structure of matter, complementing the analysis by X-rays and electronic microscopy.

Its use is developing every day in the most heterogeneous fields: study of crystalline structures, of metallic layers, of oxidation, corrosion, adsorption, catalysis, of polishing and of the conditions of surfaces, as also of lubrication and of isolated molecules, etc.

The article gives some instances of the diverse applications.

Über die Reservestoffbildung in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen

Von R. KOBLET, Zürich¹

Einleitung

Die Reservestoffe, welche die Pflanze in ihren Samen, Früchten und vegetativen Speicherorganen einlagert, bilden die wichtigste Grundlage der menschlichen Ernährung; die Gewinnung dieser Stoffe ist ein Hauptziel des landwirtschaftlichen Pflanzenbaues. Im Endosperm und Embryo des Getreidekorns, im Embryo des Rapses und der Hülsenfrüchte, in der Knolle der Kartoffel finden sich Kohlehydrate, Fette und Eiweißstoffe von Natur aus in konzentrierter Form, mit wenig unverdaulichem Ballast vermischt, vor. Der Pflanzenbauer seinerseits sucht durch Schaffung günstiger Wachstumsbedingungen und durch Züchtung leistungsfähigerer Sorten die Reservestoffbildung nach Menge und Qualität zu fördern. Die vertiefte Kenntnis der Stoffumwandlungs- und Einlagerungsvorgänge bildet eine wesentliche Grundlage für die weitere Ver-

besserung der Anbaumethoden und die Züchtungsarbeit. Wir befassen uns im folgenden etwas eingehender mit der Reservestoffbildung im Getreide. Vergleichsweise soll auf analoge Vorgänge in vegetativen Speicherorganen, vor allem in der Kartoffelknolle, hingewiesen werden¹.

Die Speicherung der Kohlehydrate

Eine Besonderheit des Kohlehydratstoffwechsels der Getreidearten und der meisten übrigen Gramineen besteht darin, daß die zeitweise überschüssigen Assimilate in den vegetativen Organen nicht als Stärke, son-

¹ Mitteilung aus der Eidg. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon.

¹ Die in der Arbeit verwerteten Ergebnisse eigener Untersuchungen sind zum Teil früheren Publikationen (Ber. schweiz. bot. Ges. 41, 199–283 [1932], 50, 99–232 [1940], 53 A, 369–394 [1943]), entnommen, zum Teil handelt es sich um unveröffentlichte Resultate von im Gange befindlichen Versuchen über den Einfluß von Erntezeit und Düngung auf die Zusammensetzung und die Speisequalität der Kartoffel. Der Verfasser ist seinen Mitarbeitern URS PFENNINGER †, Dr. F. BACHMANN und Dr. A. STETTACHER für ihre analytische Arbeit zu Dank verpflichtet.

dern in Form von *wasserlöslichen Fruktosanen* gespeichert werden.¹ Durch die Bildung und die spätere Wiederverwendung dieser höhermolekularen Verbindungen wird ein Ausgleich geschaffen zwischen der täglichen Produktion an Assimilaten und dem laufenden Bedarf, zwei Vorgänge, welche mehr oder weniger unabhängig voneinander verlaufen und daher nicht aufeinander abgestimmt sind. Nach ARCHBOLD² und Mitarbeitern läßt sich eine vorübergehende Anreicherung an Fruktosanen regelmäßig in den Halmgliedern der Gerste feststellen; in den Blättern bilden sich diese zusammengesetzten Kohlehydrate dann in beträchtlichen Mengen, wenn das Wachstum der Pflanze infolge Mangel an Stickstoff oder Phosphorsäure hintangehalten wird oder wenn aus andern Gründen nur geringe Nachfrage nach Zucker herrscht. In den Blättern normal sich entwickelnder Pflanzen treten dagegen die Fruktosane gegenüber dem Rohrzucker stark zurück.

Eine überaus starke Anreicherung an wasserlöslichen Kohlehydraten, insbesondere an Fruktosanen, beobachten wir in jungen Getreidefrüchten³. Es handelt sich auch hier um einen vorübergehenden Speichervorgang; denn die Fruktosane können nicht als Zwischenprodukt der Stärkesynthese gedeutet werden. Vorläufige eigene Untersuchungen bei Weizen deuten darauf hin, daß besonders das junge Perikarp Fruktosan enthält, während im Endosperm neben Rohrzucker und direkt reduzierenden Zuckern schon frühzeitig größere Mengen Stärke auftreten. Die im Laufe der Entwicklung eintretenden Veränderungen des absoluten Gehaltes an löslichen Kohlehydraten sind in Fig. 1 veranschaulicht. Wir beobachten anfänglich sowohl im Gesamtkorn als auch im Endospermteil (Endosperm mit darüberliegender Samen- und Fruchtschale) einen deutlichen Rückgang dieser Stoffgruppen. Ein Teil der in den Geweben der jungen Weizenfrucht gespeicherten zusammengesetzten Zuckerarten hat also, gleichzeitig mit neu zugeführtem Zucker, wieder im Stoffwechsel Verwendung gefunden, sei es als Atmungsmaterial, sei es zum Aufbau von Stärke, von Aminosäuren oder von Zellwandbestandteilen⁴. Der Rückgang des Gesamtzuckergehaltes kommt aber etwa vier Wochen nach Beginn der Blüte zum Stillstand. Dieses Entwicklungsstadium, das als Milchreife bezeichnet wird, unterscheidet sich morphologisch dadurch von den früheren, daß die ursprünglich mächtige

Schicht farbloser Parenchymzellen der Fruchtknotenwand nunmehr nahezu vollständig resorbiert worden ist. Da es allem Anschein nach vor allem die Fruchtknotenwand ist, welche Fruktosan speichert, ist es erklärlich, daß die Abnahme des Gesamtgehaltes an löslichen Kohlehydraten der Rückbildung der Parenchymschicht parallel geht. In dem auf die Milchreife

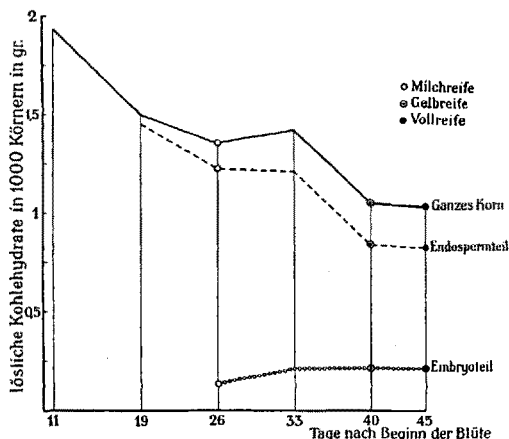


Fig. 1. Veränderung des absoluten Gehaltes an löslichen Kohlehydraten im wachsenden und reifenden Weizenkorn.

Sorte Strickhofweizen, angebaut 1937/38 an der Landw. Schule Strickhof, Zürich.

folgenden Entwicklungsabschnitt macht sich bemerkenswerterweise ein erneuter Anstieg des Gesamtzuckergehaltes geltend. Die Zunahme erklärt sich aus dem Wachstum des Embryos: dieser nimmt stark an Masse und parallel zur Trockensubstanzvermehrung im absoluten Gehalt an Zucker zu. Die Bildung der *Zuckerreserve des Embryos* (im vorliegenden Fall 16% der Trockensubstanz) ist also für den erwähnten Anstieg der Zuckermenge im Gesamtkorn verantwortlich. Erst mit dem Übergang zur Gelbreife, d. h. dem Stadium, wo die Stoffeinlagerung zum Abschluß kommt, geht der Gehalt an löslichen Kohlehydraten, im Zusammenhang mit der deutlichen Abnahme im Endospermteil, auf den für das reife Korn charakteristischen Endwert zurück. Beim Nachtrocknen des geschnittenen Getreides auf dem Felde kann der Zuckergehalt noch eine geringfügige, offenbar durch die Atmung bedingte Abnahme erfahren; bei der nachfolgenden Aufbewahrung bleibt er aber, wirklich trockene Lagerungsbedingungen vorausgesetzt, während Jahren nahezu unverändert¹.

Die ziemlich komplizierten Verschiebungen im Gehalt des Getreidekorns an löslichen Kohlehydraten erklären sich aus den vielgestaltigen Funktionen dieser Stoffgruppe. Die löslichen Kohlehydrate umfassen einerseits die wanderungsfähigen, zur Synthese höhermolekularer Verbindungen bestimmten Baustoffe und das Atmungsmaterial; sie werden als Fruktosane vorübergehend im Perikarp der jungen Frucht gespeichert;

¹ Einen zusammenfassenden Überblick über die Fruktosane in den Monokotyledonen gibt H. K. ARCHBOLD, *The New Phytologist* 39, 185–219 (1940).

² H. K. ARCHBOLD, *Ann. Bot.*, N. S. 2, 403–435 (1938). – H. K. ARCHBOLD und C. DATTA, *Ann. Bot.*, N. S. 8, 363–385 (1944). – R. S. RUSSELL, *Ann. Bot.*, N. S. 2, 865–882 (1938).

³ M. C. TANRET, *Bull. Soc. chim. 3e sér.* 5, 724–731 (1891). – H. COLIN et H. BELVAL, *C. r. Acad. Sci.*, Paris 177, 343–346 (1923).

⁴ Der im jungen Getreidekorn vorgefundene Zucker vermag indessen nur einen Bruchteil des Materials zu liefern, das allein für die Stärkebildung verbraucht wird; Endosperm und Embryo sind daher zum weit überwiegenden Teil auf die Neueinwanderung von Assimilaten angewiesen.

¹ R. KOBLET, *Ber. schweiz. bot. Ges.* 53A, 369–394 (1943).

sie treten schließlich im Embryo in Form von Rohrzucker und Raffinose¹ als typische Reservestoffe auf.

Als wesentlich einfacher erscheinen die Verschiebungen des Anteils der einzelnen Kohlehydrate in der wachsenden Kartoffelknolle. Wir beschränken uns darauf, an einem Beispiel die Veränderung des Gehaltes an direkt reduzierendem und Gesamtzucker, bezogen auf das Frischgewicht², darzustellen (Fig. 2). Es zeigt sich, daß sich diese Zuckerarten in der ganz jungen Knolle in beträchtlicher Menge vorfinden; mit fortschreitender Entwicklung geht ihr Anteil mehr und mehr zurück. Es kommt in diesem Verlauf ganz einfach zum Ausdruck, daß der Anteil der Wander- und Baustoffe mit der fortschreitenden Reservestoffeinlagerung sukzessive geringer wird. Während der Aufbewahrung sind dagegen die Kohlehydrate der wasserreichen Kartoffelknolle viel stärkeren Veränderungen ausgesetzt als die Reservestoffe des trockenen Getreidekorns. Wir erwähnen die von MÜLLER-THURGAU klargestellte Zuckeranhäufung bei Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt, ein Vorgang, welcher den Geschmack und damit den Konsumwert der Kartoffel stark beeinträchtigt³.

So bedeutungsvoll die löslichen Kohlehydrate und ihre Verschiebungen für die Bildung des Getreidekorns und der Kartoffelknolle und die Reservestoffspeicherung sind, so treten sie doch zuletzt vollständig hinter dem wichtigsten Reservekohlehydrat, der *Stärke*, zurück. Der Anteil an Stärke macht beispielsweise im reifen Weizenkorn etwa zwei Drittel der gesamten Trockenmasse aus. In der pro Hektare ge-

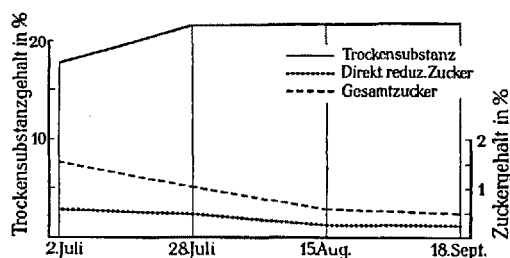


Fig. 2. Veränderung des Trockensubstanz- und Zuckergehaltes in wachsenden Kartoffelknollen.

Sorte Afla, angebaut 1945 im Versuchsgut Reckenholz der Eidg. landw. Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon. Die Werte beziehen sich auf das Frischgewicht.

ernteten Menge dieses Endproduktes spiegeln sich schließlich die spezifischen Sorteneigenschaften und die mannigfachen äußeren Einflüsse während der ganzen Vegetationsperiode: die Auswirkungen von Bodenart und Nährstoffversorgung, welche den Umfang des

Assimilationsapparates in besonders starkem Maße bestimmen, der Einfluß von Trockenheit, Nässe und verfrühtem Frost, die Schädigung und vorzeitige Zerstörung des Blattwerkes durch epidemisch auftretende Pilzkrankheiten. Bemerkenswert ist, daß beim Getreide die Blattscheiden, die oberen Halmglieder und die Ähren selbst durch ihre Assimilationstätigkeit überaus stark zur Versorgung der Körner mit organischer Substanz beitragen¹. Die normale Kornausbildung hängt daher weitgehend davon ab, daß diese Organe gleich wie die jüngsten, d. h. obersten Blattspreiten, möglichst lange gesund und funktionstüchtig bleiben.

Die Einlagerung stickstoffhaltiger Reservestoffe

Die grüne Pflanze geht mit dem einmal assimilierten Stickstoff sehr haushälterisch um. Die einzelnen Organe, welche im Jugendzustand reich an Stickstoffverbindungen sind, geben diese mit dem Älterwerden zu einem großen Teil zugunsten anderer, später gebildeter Pflanzenteile ab. Diese Verschiebungen sind beim Getreide wiederholt bilanzmäßig studiert worden, so besonders eingehend von SANDE-BAKHUYZEN². Nach diesen Untersuchungen verloren die Weizenblätter mit der Zeit 60 und mehr Prozent ihres ursprünglichen Gehaltes an N-haltiger Substanz. Der aus den untersten Blättern zurückgewonnene Stickstoff kommt zunächst den oberen Halmblättern zugute; die später aus diesen und dem Halm auswandernden N-Verbindungen dienen vor allem der Versorgung der wachsenden und reifenden Körner. Es stammten denn auch im Untersuchungsmaterial von SANDE-BAKHUYZEN 65% des Stickstoffs der reifen Weizenkörner aus den Blättern, dem Halm, der Ährenspindel und den Spelzen, und nur die restlichen 35% basieren auf Verbindungen, die erst nach der Blüte in die oberirdischen Teile der Weizenpflanze eingewandert sind. Ähnliche Zahlen errechnen sich aus den Untersuchungsergebnissen, welche ADORJAN unter Freilandverhältnissen in Ungarn gewonnen hat³. Der vom Blattwerk an das Korn abgegebene Stickstoff stammt größtenteils aus den oberen Blättern. Diese stellen daher nicht nur die Produktionsstätte für einen großen Teil der den Körnern zufließenden Kohlehydrate dar; sie bergen auch wertvolle Reserven an stickstoffhaltigen Verbindungen, welche vor dem Vergilben weitgehend für die Eiweißeinlagerung im Korn nutzbar gemacht werden.

Die Wiederverwendung der Blattproteine kann durch starken Rostbefall unterbunden werden, indem das Myzel der Rostpilze allem Anschein nach einen großen Teil der im Blatt enthaltenen Stickstoffver-

¹ S. FRANKFURT, Landw. Versuchsstationen 47, 449-470 (1896).

² Da es angesichts der sehr stark variierenden Knollengröße nicht ohne weiteres möglich ist, die Analyseergebnisse in Analogie zu den Darstellungen beim Getreide beispielsweise auf 100 Knollen umzurechnen, so haben wir hier das Frischgewicht als Bezugsgröße gewählt. Ein direkter Vergleich der Kurvenbilder mit denjenigen der Getreideuntersuchungen ist natürlich nicht möglich.

³ H. MÜLLER-THURGAU, Landw. Jb. 11, 751-828 (1882).

¹ A. E. H. R. BOONSTRA, Z. Züchtung A 21, 115-147 (1937). - M. G. STÄLFELT, Angew. Bot. 17, 157-190 (1935). - H. K. ARCHBOLD und C. DATTA, Ann. Bot., N. S. 8, 363-385 (1944).

² SANDE-BAKHUYZEN, Studies on wheat grown under constant conditions. Food Res. Inst. Stanford University (1937).

³ J. ADORJAN, J. Landw. 50, 193-230 (1902).

bindungen an sich reißt und daher ihre Auswanderung verhindert¹. Diese Blockierung der Stickstoffreserven ist demnach verantwortlich für die aus der Praxis schon länger bekannte Tatsache, daß starker Rostbefall nicht nur die Stärkeeinlagerung beeinträchtigt und damit die Bildung voller Körner verhindert, sondern auch zu einer bedeutenden Reduktion des Proteingehaltes führt.

Die Veränderungen im Getreidekorn selbst sollen anhand einer im Jahre 1938 mit Winterweizen, Sorte Strickhof, durchgeführten Versuchsserie veranschaulicht werden. Aus Fig. 3 ist ersichtlich, daß Gesamt-N und Eiweiß-N, in Prozent der Trockensubstanz ausgedrückt, zu Beginn der Stoffeinlagerung zurückgehen, um gegen die Reife hin wiederum anzusteigen. Demgegenüber weisen die löslichen Stickstoffverbindungen einen andauernden Rückgang auf. Dies zeigt sich sowohl beim Nichteiweißstickstoff als Ganzem als auch bei der stärksten Fraktion desselben, dem Aminostickstoff. Eine starke anfängliche Abnahme macht sich auch beim Säureamidstickstoff geltend.

Ein gutes Bild über die mengenmäßigen Verschiebungen geben uns die Veränderungen der absoluten, in 1000 Körnern enthaltenen Mengen der einzelnen Stoffgruppen (Fig. 4). Es zeigt sich, daß in der vorliegenden

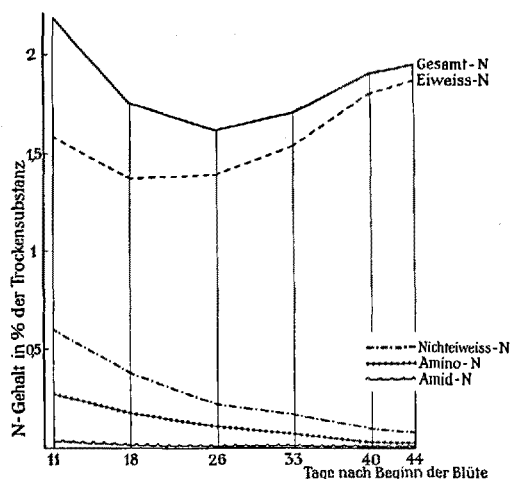


Fig. 3. Veränderung des prozentualen Gehaltes an Stickstoffverbindungen im Weizenkorn.

Sorte Strickhofweizen, angebaut 1937/38 an der Landw. Schule Strickhof, Zürich.

Versuchsserie vor allem zwischen dem 18. und 40. Tag (vom Beginn der Blüte an gerechnet) große Mengen stickstoffhaltiger Verbindungen den Weizenkörnern zugeführt und in diesen als Eiweiß eingelagert worden sind. Der absolute Gehalt an Nichteiweiß-N und an Amino-N blieb indessen annähernd gleich. Dies bedeutet, daß sich in dieser Periode, d. h. während der starken Stoffzufuhr, der Zustrom löslicher Stickstoffverbindungen und der Eiweißaufbau ungefähr die

Waage halten¹. Mit dem Übergang zur Gelb- und Vollreife fällt dagegen der Nichteiweiß- wie auch der Amino-N deutlich ab. In dieser Periode, wo die Stoffeinwanderung abklingt und die Körner sich im Wassergehalt dem lufttrockenen Zustand nähern, überwiegen demnach die synthetischen Vorgänge.

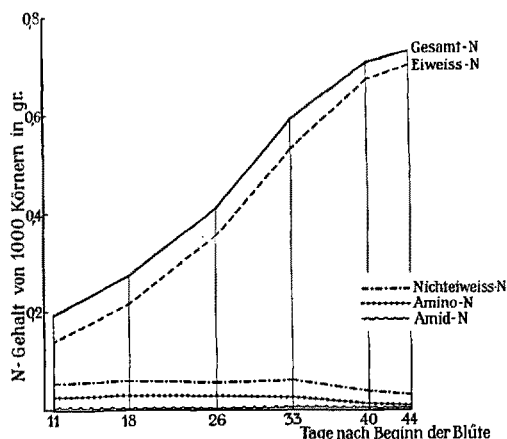


Fig. 4. Veränderung des absoluten Gehaltes an stickstoffhaltigen Verbindungen im Weizenkorn.

Unsere Beobachtungen fügen sich in das allgemeine Bild ein, wie es sich für die Umwandlung und Wanderung der stickstoffhaltigen Verbindungen aus der neueren physiologisch-chemischen Forschung ergibt. In den alternierenden pflanzlichen Geweben findet ein starker Abbau der Eiweißstoffe statt. Das freigelegte Bausteingemisch wandert nun aber nicht unverändert aus; der Abtransport des Stickstoffs scheint vielmehr in der Hauptsache in Form der Säureamide (Asparagin und Glutamin) zu erfolgen², welche durch Umaminierung gebildet werden³. Nach erfolgter Dislokation in die jungen vegetativen Organe bzw. in die wachsenden und reifenden Körner findet eine nochmalige Umaminierung statt: durch Übertragung der eingewanderten NH_2 -Gruppen auf geeignete Kohlenstoffgerüste (α -Ketosäuren) werden jetzt die Aminosäuren in dem charakteristischen Mengenverhältnis aufgebaut, wie sie in den Proteinen des Protoplasmas des wachsenden Embryos, den Globulinen der Aleuronkörner und den Kleberproteinen des Endosperms enthalten sind. Die im wachsenden Getreidekorn in bedeutenden Mengen vorhandenen α -Aminoverbindungen und der ebenfalls

¹ Es sei hier bemerkt, daß die Periode des gleichbleibenden absoluten Gehaltes an löslichen Stickstoffverbindungen nicht bei allen unsern Versuchsreihen in Erscheinung trat. Es scheint, daß hier die Witterung eine bedeutende Rolle spielt, und zwar möglicherweise in dem Sinne, daß feuchtes, kühles Wetter die Ansammlung löslicher N-haltiger Verbindungen begünstigt, während Trockenheit und Wärme eher die Aufbauprozesse fördern. (Vgl. auch H. SCHJERNING, C. r. Lab. Carlsberg 6, 229-307 [1906]).

² A. FREY-WYSSLING, Naturwiss. 38, 624-628 (1938). (Vgl. auch A. FREY-WYSSLING, Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. Zürich 1945.)

³ A. E. BRAUNSTEIN und M. G. KRITZMANN, Nature 140, 503-504 (1937). - A. I. VIRTANEN und T. LAINE, Nature 141, 748-749 (1938); Biochem. Z. 308, 213-215 (1941).

¹ G. GASSNER und W. FRANKE, Phytopath. Z. 11, 517-570 (1938).

festgestellte Säureamidstickstoff umfassen demnach das für die Synthese bereite Bausteingemisch und die noch nicht umgewandelten Wanderformen des Stickstoffs¹. Auf die Bereitstellung der erforderlichen Aminosäuren folgt schließlich der Aufbau der Polypeptide und Eiweißstoffe.

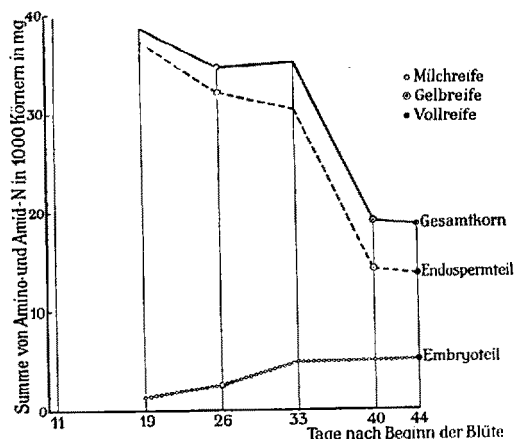


Fig. 5. Gesamtgehalt an Amino- und Amid-N im Embryo- und Endospermtteil des wachsenden und reifenden Weizenkorns.

Der Embryo zeigt insofern ein besonderes Verhalten, als hier ein Teil des Stickstoffs in löslicher Form, und zwar wahrscheinlich als Asparagin², eingelagert wird. Wir beobachten nämlich im Embryo im Gegensatz zum Endosperm und zum Gesamtkorn gegen die Reife hin ein Ansteigen der absoluten Menge an Nichteiweißstickstoff, wobei der Amidstickstoff ungefähr ebenso stark vertreten ist wie der Aminostickstoff. Das unterschiedliche Verhalten von Endosperm und Embryo ist aus Fig. 5 ersichtlich. Im Endosperm – und im Gesamtkorn – ist der absolute Gehalt an Aminosäuren und Säureamiden, welche im Dienst der Stickstoffeinwanderung und der Eiweißbildung stehen, zur Zeit der intensiven Reservestoffeinlagerung groß, in den spätern Reifestadien dagegen nur noch gering. Im Embryo dagegen, wo diese einfachen Stickstoffkörper neben den erwähnten Funktionen noch diejenige eines *rasch verfügbaren Reservestoffs* übernehmen, erreicht ihr absoluter Gehalt zur Zeit der Reife den Höhepunkt.

Die Beschaffenheit der Eiweißstoffe – des weitaus wichtigsten Endproduktes der Einlagerung N-haltiger Verbindungen im Getreidekorn – ist ernährungsphy-

¹ Ob und in welchem Ausmaße neben den N-reichen Säureamiden auch die beim Eiweißabbau gebildeten Aminosäuren als solche in die wachsenden Organe der Pflanze wandern können, bedarf für die Getreidearten noch der näheren Prüfung. Auf Grund der Arbeiten von SCHULZE, PRIJANISCHNIKOW, MOTHES und andern ist anzunehmen, daß die Menge der in der grünen Pflanze gebildeten Säureamide unter anderem von dem zur Verfügung stehenden Vorrat an gebundenem Kohlenstoff abhängt, und zwar in dem Sinne, daß Kohlehydratmangel die Asparagin- und Glutaminbildung begünstigt.

² Die Anwesenheit von Asparagin im Embryo des ruhenden Weizenkorns ist schon von FRANKFURT (Landw. Versuchsstationen 47, 449–470 [1896]) durch qualitative Prüfung nachgewiesen worden.

siologisch und für den Mahl- und Backprozeß von großer Bedeutung. Es hat sich gezeigt, daß die Albumine und Globuline, die sich vor allem im Embryo und der äußersten Schicht des Endosperms (Aleuronschicht) vorfinden, physiologisch von höherer Wertigkeit sind als die im Innern des Endosperms enthaltenen Kleberproteine. Letztere sind arm an Lysin und Tryptophan, zwei für die menschliche und tierische Ernährung unentbehrliche Aminosäuren. Da es zurzeit praktisch nicht möglich ist, die Bausteinzusammensetzung durch Anbaumaßnahmen oder durch Züchtung zu beeinflussen, bleibt es der Müllereitechnik und dem Bäckergewerbe vorbehalten, die hochwertigen Eiweißstoffe des Getreidekorns durch Anpassung des Mahlverfahrens besser für die menschliche Ernährung auszunützen oder die im handelsüblichen Mehl mangelnden Aminosäuren durch Zusätze zu ergänzen.

Die Kleberproteine des Weizenendosperms sind überaus wichtig für die Erzeugung eines bekömmlichen, gut geporteten Brotes. Bemerkenswert ist, daß die typischen Eigenschaften des Weizenklebers, seine Zähigkeit und Elastizität erst kurz vor der Reife in Erscheinung treten. Allem Anschein nach üben die während der letzten Tage des Ausreifens herrschenden Witterungsverhältnisse einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die *Qualität des Klebers* aus¹. Besonders wichtig ist aber in dieser Beziehung die Auswirkung der erblichen Sorteneigenschaften. Es werden denn auch im modernen Weizenzuchtbetrieb bei den Selektionsarbeiten nur diejenigen Stämme für die weitere Prüfung berücksichtigt, deren

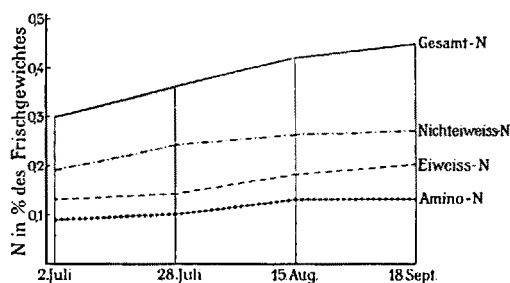


Fig. 6. Veränderung des Gehaltes an Stickstoffverbindungen in der wachsenden Kartoffelknolle.

Sorte Afla, angebaut 1945 im Versuchsgut Reckenholz. Die Werte beziehen sich auf das Frischgewicht.

Kleberqualität, ermittelt nach besonderen Laboratoriumsmethoden, bestimmten Mindestanforderungen entspricht².

Wesentlich anders als im Getreidekorn erfolgt die Einlagerung N-haltiger Verbindungen in den Speichergewebe der Kartoffelknolle. Die Veränderung des Anteils der Hauptgruppen ist in Fig. 6 veranschaulicht. Es zeigt sich zunächst, daß der Gesamtstickstoffgehalt, bezogen auf das Frischgewicht, im Laufe der Ent-

¹ G. GASSNER, Mitt. D. L. G. 40, 950–955 (1925). – F. SCHNELLE, Archiv Landw., Abt. A (Pflanzenbau) 1, 471–555 (1929).

² S. WAGNER, Schweiz. landw. Mh. 14, 149–160 (1936).

wicklung leicht ansteigt. Es sind also im vorliegenden Fall mit fortschreitendem Wachstum etwas mehr N-Verbindungen eingelagert worden, als dem Gewichtszuwachs der Knollen entsprechen würde¹. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang der Gehalt an Eiweiß-N, Nichteiweiß-N und Amino-N, welch letzterer auch hier, ähnlich wie im wachsenden Weizenkorn, die stärkste Fraktion des Nichteiweißstickstoffes darstellt. Der Anteil dieser drei Gruppen bewegt sich bis zum Abschluß der Vegetationszeit im gleichen Sinne wie der Gesamtstickstoff. Besonders auffallend ist, daß die Kartoffelknolle noch nach der Beendigung des Wachstums und der Reservestoffeinlagerung mehr als die Hälfte ihres Stickstoffs in Form von Nichteiweiß-N enthält. Es wird also in der Kartoffel, die sich von dem als Trockenkonserve gebauten Getreideendosperm durch ihren überaus hohen Wassergehalt unterscheidet, ein großer Teil der verfügbaren stickstoffhaltigen Stoffe als niedrigmolekulare Verbindungen gespeichert. Unter diesen sind vor allem Asparagin und Glutamin stark vertreten². Es scheint demnach, daß ein beträchtlicher Teil des einwandernden Stickstoffs in seiner Wanderform, d. h. ohne Umaminierung, eingelagert wird. Bemerkenswert ist, daß das Eiweiß der Kartoffelknolle eine für die menschliche Ernährung günstige Bausteinzusammensetzung aufweist.

Phosphorsäure- und Vitaminreserven³

Die Speichergewebe der Samen unterscheiden sich im Gehalt an Mineralstoffen wesentlich von den vegetativen Organen. So enthalten die Getreidekörner vor allem reichlich Phosphorsäure. Auch der Vorrat an Magnesium ist recht anscheinlich, während der Kalk stark zurücktritt. Die Speicherung der Phosphorsäure erfolgt zum überwiegenden Teil in organischer Form, und zwar hauptsächlich als *Phytin*⁴. Im reifen Maiskorn macht der Phytinphosphor nach Untersuchungen von SCHMALFUSS 64 bis 75% des Gesamtphosphors aus, während in den jüngsten untersuchten Entwicklungsstadien der Anteil des Phytinphosphors zwischen 7 und 17%, der des anorganischen Phosphors zwischen 55 und 60% schwankte. Es findet somit auch beim Phosphor eine Umwandlung der einwandernden anorganischen Verbindungen in einen *ausgesprochenen Reservestoff*

statt, aus welchem später, bei der Keimung, die Phosphorsäure in anorganischer löslicher Form zurückgewonnen wird. In den der Reife vorangehenden Wochen geben die Halme, Blätter und Spelzen einen großen Teil ihrer Phosphorsäure zugunsten der wachsenden und reifenden Körner ab¹; die Versorgung des Korns basiert daher zu einem großen Teil auf den Phosphorsäuremengen, die in den früheren Entwicklungsstadien in die Getreidepflanze eingewandert sind. Es zeigt sich also wenigstens in bezug auf die mengenmäßigen Verschiebungen eine gewisse Parallelität zwischen dem Phosphorsäure- und Stickstoffhaushalt der Getreidepflanze.

Das Phytin findet sich im Getreidekorn hauptsächlich in den äußeren Schichten des Endosperms und im Schildchen (Scutellum)^{2,3}. Diese Verteilung ist ernährungsphysiologisch insofern von Bedeutung, als das Phytin die Resorption des Kalziums im Darm herabsetzt. Bei der Teigbereitung und zu Beginn des Backprozesses wird das Phytin unter dem Einfluß des im Brotgetreide enthaltenen Enzyms Phytase zu einem bedeutenden Teil gespalten, die unerwünschte Auswirkung dieses Reservestoffes auf die menschliche Ernährung also abgeschwächt³.

In neuerer Zeit ist von verschiedenen Forschern festgestellt worden, daß Embryonen, die ihrer Nährgewebe beraubt werden, außer einer geeigneten Kohlehydratquelle und den erforderlichen Mineralsalzen noch bestimmte *Wuchsstoffe* bzw. Vitamine benötigen. So konnte das Wachstum isolierter Erbsenembryonen durch ganz geringe Mengen von Biotin und durch Zugabe von Vitamin B₁ (Aneurin) gefördert werden⁴. Die Vorräte an Aneurin und an andern Vitaminen, die sich im Schildchen und in der Aleuronschicht des Getreidekorns, in den Kotyledonen der Erbsen und in den Geweben anderer Samen vorfinden, stellen zweifellos typische, für den Keimling bestimmte Reservestoffe dar. Die Verteilung von Aneurin, Laktoflavin und Niacin (Antipellagravitamin) in den verschiedenen Teilen des Getreidekorns ist in neuester Zeit von seiten der Ernährungsphysiologen und der Getreidechemiker studiert worden⁵. Vitamin B₂ und Niacin finden sich hauptsächlich in der Aleuronschicht, während Vitamin B₁ zum größeren Teil im Schildchen konzentriert ist. Die heutigen Bestrebungen gehen dahin, durch entsprechende Lenkung des Mahlprozesses einen mög-

¹ Dies ist nicht immer der Fall: Unter andern äußern Verhältnissen hat man beobachtet, daß der N-Gehalt in den frühen Entwicklungsstadien zunächst abnahm, um erst gegen das Ende der Vegetationsperiode hin wieder leicht anzusteigen (so bei W. HUXDORF, J. Landw. 73, 177–212 [1925]). Vielfach bleibt der prozentuale Gehalt an N-Verbindungen während der ganzen Entwicklung nahezu unverändert. (R. GRÜNTUCH, Planta 7, 388–421 [1929].)

² F. C. STEWARD und H. E. STREET, Plant Physiology 21, 155–193 (1946).

³ Auf die Besprechung der Fettspeicherung, welche sowohl im Getreidekorn als auch in der Kartoffelknolle eine untergeordnete Rolle spielt, soll hier raumeshalber verzichtet werden.

⁴ F. K. KNOWLES und J. E. WATKIN, J. agr. Sci. 22, 755–766 (1932). – K. SCHMALFUSS, Boden- und Pflanzenernährung 9/10, 506–535 (1941).

¹ J. ADORJAN, J. Landw. 50, 193–230 (1902).

² J. J. C. HINTON, Biochem. J. 38, 214–216 (1944).

³ H. MÖLLGAARD, K. LORENZEN, J. G. HAUSEN und P. E. CHRISTENSEN, Biochem. J. 40, 589–603 (1946). – E. MELLANBY, Nature 154, 394–395 (1944).

⁴ F. KÖGL und A. J. HAAGEN-SMIT, Z. physiol. Chemie 243, 209–226 (1936). – J. BONNER und G. AXTMANN, Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. 23, 453–457 (1937). – W. RYTZ, Ber. schweiz. bot. Ges. 49, 339–399 (1939).

⁵ Vgl. u. a.: J. J. C. HINTON, Biochem. J. 38, 214 (1944). – E. A. ZELLER und V. KOCHER, Verh. schweiz. naturforsch. Ges. 124, 182 (1944). – E. ZIEGLER, Mitt. aus d. Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 34, 128–142 (1943). – L. H. PULKKI und K. PUUTULA, Biochem. Z. 308, 122–127 (1941).

lichst großen Teil dieser Ergänzungsstoffe für die menschliche Ernährung zu sichern, ohne die Bekömmlichkeit und Schmackhaftigkeit des Brotes zu beeinträchtigen.

Die Kartoffelknolle unterscheidet sich als vegetatives Speicherorgan im Mineralstoff- und Vitamingehalt weitgehend vom Getreidekorn, so unter anderem durch den hohen Kali- und den mäßigen Phosphorsäuregehalt; typisch für die Kartoffel ist ferner der ansehnliche Gehalt an Vitamin C.

Die stoffliche Zusammensetzung der Ernteprodukte als Ergebnis der Reservestoffeinlagerung

Die chemische Zusammensetzung der Speicherorgane unterliegt bei ein und derselben Pflanzenart beträchtlichen Schwankungen. Für die Qualität vieler Ernteprodukte ist das gegenseitige Verhältnis zwischen Kohlehydraten und stickstoffhaltigen Verbindungen von großer Bedeutung. So soll der Weizen als Brotfrucht eine gewisse Mindestmenge an Klebereiweiß enthalten. Ein hoher Proteingehalt ist sodann beim Futtergetreide und bei den Futterkartoffeln erwünscht, während umgekehrt bei der Braugerste und der Zuckerrübe mit Rücksicht auf die industrielle Verarbeitung ein hoher Gehalt an Kohlehydraten bei möglichst geringem Anteil an stickstoffhaltigen Substanzen angestrebt werden muß. Um diesen Qualitätsanforderungen nachkommen zu können, möchte der Pflanzenbauer wissen, wie weit die erbliche Veranlagung der Pflanzen und in welcher Weise bestimmte Wachstumsbedingungen die stoffliche Zusammensetzung des Ernteproduktes bestimmen.

Zwischen den einzelnen Sorten bestehen tatsächlich in bezug auf das Kohlehydrat-Stickstoffverhältnis gewisse Unterschiede. So lassen sich zum Beispiel bei den schweizerischen Weizenzüchtungen erbliche Unterschiede im Klebergehalt nachweisen¹. Die Erbanlagen für hohen Eiweißgehalt scheinen auch nicht unvereinbar zu sein mit den Faktoren, die der Erzeugung hoher Körnererträge zugrunde liegen². Man weiß im übrigen, daß verschiedene Sorten derselben Getreideart in ungleichem Maße befähigt sind, zusätzlichen Stickstoff auszunützen. Es gibt zum Beispiel Gerstensorten, die bewußt darauf gezüchtet sind, besonders hohe N-Gaben in der Erzeugung organischer Substanz zu verwerten, ohne daß das Gleichgewicht zwischen Körnern und Stroh und das Verhältnis zwischen Stickstoffsubstanz und Stärke im Korn gestört wird.

Durchschlagender als der Einfluß der Sorte ist aber beim Eiweiß-Stärke-Verhältnis im allgemeinen die Wirkung der Wachstumsbedingungen. Es stellt sich

zunächst die Frage: In welchem Verhältnis stehen in den verschiedenen Entwicklungsstadien die stickstoffhaltigen Verbindungen zur Gesamtheit der einwandernden Stoffe? Hierüber gibt uns die Veränderung des prozentualen Stickstoffgehaltes, bezogen auf die Trockensubstanz, Auskunft. Beim Weizen nimmt der Stickstoffgehalt, wie dies z. B. aus Fig. 3 ersichtlich ist, am Anfang der Entwicklung meistens ab. Die Ursache dieses Rückgangs liegt darin, daß das ins junge Korn einwandernde Stoffgemisch stickstoffärmer ist als die plasmareichen Gewebe des Fruchtknotens. Das Absinken des N-Gehaltes hält aber nicht bis zur Reife an; die Stickstoffkurven biegen vielmehr in der Regel im Stadium der Milchreife nach oben um. Diese spätere Zunahme zeigt, daß der dem Korn zufließende Nährstoffstrom gegen das Ende des Reifungsprozesses weniger Kohlehydrate und entsprechend mehr N-haltige Verbindungen enthält als in den früheren Entwicklungsstadien. Die Erklärung für diese Erscheinung liegt nahe: gegen die Reife hin nimmt die Kohlehydratproduktion in den alternden vergilbenden Assimilationsorganen mehr und mehr ab; andererseits findet in diesen Pflanzenteilen bis zu ihrem Absterben eine Mobilisierung von Eiweißstoffen und damit eine andauernde Bereitstellung löslicher Stickstoffverbindungen zugunsten der reifenden Körner statt. Auf jeden Fall ist das Ende des Reifungsprozesses nicht, wie vielfach vermutet wurde, hauptsächlich durch die Auffüllung des Endosperms mit Stärke gekennzeichnet, es geht vielmehr bis zum Ende der Stoffeinwanderung eine ausgiebige Speicherung N-haltiger Verbindungen vor sich. Diese Feststellung gilt auch für die Kartoffel; denn wir beobachten auch hier vor dem Abschluß des Knollenwachstums häufig eine Zunahme des prozentualen Stickstoffgehaltes (vgl. Fig. 6).

Das wechselnde Eiweiß-Stärke-Verhältnis der Getreidekörner beruht letzten Endes auf der Relation zwischen dem der Pflanze zur Verfügung stehenden Stickstoffvorrat und der für die Reservestoffbildung verwendbaren Kohlehydratproduktion. Von großer Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit des Assimilationsapparates sind die während der Jugendentwicklung herrschenden Bedingungen und die Dauer des vegetativen Wachstums. Wichtige Wachstumsfaktoren, wie Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse, müssen zwar als unabänderlich hingenommen werden; der Landwirt sucht aber durch sorgfältige Bodenbearbeitung sowie durch harmonische und reichliche Ernährung (Grunddüngung vor der Saat und spätere Kopfdüngung) den Aufbau der Assimilationsorgane zu fördern. Diese entwickeln sich unter sonst gleichen Bedingungen um so kräftiger, je mehr Zeit für die vegetative Entwicklung zur Verfügung steht. Wenn sich Keimung, Schossen und Ährenschieben in kurzer Zeit folgen, wie dies im kontinentalen Klima und unter unsern Verhältnissen bei spät gesätem Sommergetreide zutrifft, wird die Blattausbildung relativ schwächig und die Kohle-

¹ F. T. WAHLEN und S. WAGNER, Landw. Jb. Schweiz 49, 665 bis 692 (1935). — S. WAGNER, Landw. Jb. Schweiz 55, 739–772 (1941).

² F. SCHWANITZ und P. SCHWARZE, Forschungsdienst 4, 60–81 (1937). Vgl. auch J. A. CLARK, U.S. Dept. Agr. Yearbook 207–302 (1936).

hydraterzeugung spärlich ausfallen. Da zudem bei guter N-Versorgung ein beträchtlicher Teil der Kohlehydrate zur Überführung des Stickstoffs in organische Bindung verbraucht wird¹, sind die von solchen Pflanzen gebildeten Körner in der Regel stärkearm, eiweißreich und vielfach von niedrigem Gewicht. Umgekehrt schafft die Verlängerung der Zeitspanne zwischen Auflaufen und Blüte – der normale Fall beim Winterweizen und im maritimen Klima auch beim frühgesäten Sommerweizen – eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung großer, stärkereicher und relativ eiweißarmer Körner. Diese Beobachtungen und Überlegungen erklären die seit langem bekannte Tatsache, daß im trockenen kontinentalen Klima eiweißreicher Weizen von meist niedrigem Tausendkorngewicht erzeugt wird, während mildes, feuchtes Klima in der Regel die Bildung großer, stärkereicher, proteinarmer Körner begünstigt.

Außer diesen schon während der Jugendentwicklung sich geltend machenden Einflüssen, welche die Assimilationsleistung weitgehend bestimmen, ist sodann vor allem die Stickstoffmenge, die der Getreidepflanze während der Kornausbildung zur Verfügung steht, für die Beschaffenheit des Ernteproduktes von großer Bedeutung. Daß ein reichlicher Vorrat an leicht aufnehmbaren Stickstoffverbindungen – sei es infolge des natürlichen Reichtums des Bodens, sei es durch starke Düngung – einen hohen Eiweißgehalt des Weizens begünstigt, ist vielfach nachgewiesen worden. Es ist jedoch zu beachten, daß sich die zur üblichen Zeit, d. h. im Frühjahr, verabfolgte Stickstoffdüngung zunächst im üppigen Wachstum der Pflanze und im Ertrag und erst in zweiter Linie im prozentualen Proteingehalt der Körner auswirkt. Die Stickstoffdüngung im Frühjahr darf aber nicht übertrieben werden, da dadurch die Standfestigkeit beeinträchtigt wird. Eine Erhöhung des Eiweißgehaltes im Korn ohne stärkere Beeinflussung des vegetativen Wachstums und ohne wesentliche Erhöhung der Lagerungsgefahr läßt sich indessen durch späte, etwa zur Zeit der Blüte verabfolgte Stickstoffgaben erzielen². Die Getreidepflanze vermag auch in diesem vorgerückten Stadium die aufgenommenen Ammoniumsalze oder Nitrate rasch in organische Bindung überzuführen; es fließen dem Korn mehr Stickstoffverbindungen zu und der Ertrag an Körner eiweiß wird erhöht. Wenn diese Methode einstweilen nicht in der Praxis Eingang gefunden hat, so sind vor allem Gründe der Wirtschaftlichkeit maßgebend: die relativ bescheidene Steigerung der Eiweiß-

erträge pro Flächeneinheit (wir erzielten z. B. im Mittel von 10 Versuchen bei Gaben von 40 kg Salpetersäurestickstoff einen Mehrertrag von 70 kg Rohprotein pro ha¹), die ungenügende Berücksichtigung des höheren Proteingehaltes im Preis des Ernteproduktes, anderweitige lohnendere Verwendung der in den letzten Jahren nicht überreichlich vorhandenen Stickstoffdünger.

Ähnlich wie beim Getreide spiegelt sich auch bei der Kartoffel das Verhältnis zwischen Kohlehydratproduktion und verfügbarem Stickstoffvorrat in der Zusammensetzung des eingelagerten Reservematerials wieder. Auch bei der Kartoffel bestimmt die Assimilationsleistung weitgehend den Ertrag. In bezug auf die Stickstoffzufuhr besteht praktisch insofern ein Unterschied, als die Kartoffelpflanze wesentlich höhere Gaben an leicht löslichem Stickstoff erträgt als das Getreide, das bei zu großer Üppigkeit leicht lagert. Durch die Stickstoffdüngung, welche zu Beginn der Vegetationsperiode erfolgt, erstrebt der Landwirt in erster Linie eine kräftige Entwicklung der assimilierenden Organe der Kartoffelpflanze. Je nach der Menge des aufgenommenen Stickstoffs, dem Verhältnis zu den übrigen Nährstoffen und den die Knollenbildung hemmenden oder begünstigenden Witterungsbedingungen kann aber auch das Stickstoff-Stärke-Verhältnis in den Knollen mehr oder weniger stark beeinflusst werden.

Ein hoher Gehalt an Stickstoffverbindungen ist nun aber bei der Kartoffel nicht wie beim Brot- und Futtergetreide unbesehen als erwünscht zu werten. Man befürchtet nicht ohne Grund, daß ein Übermaß an löslicher N-Substanz in den wasserreichen Geweben der Kartoffel die Speisequalität und Haltbarkeit ungünstig beeinflussen könnte. Diese Bedenken gaben Anlaß zu eingehenden Untersuchungen über die Wirkung steigender Stickstoffgaben auf die chemische Zusammensetzung, die Speisequalität und die Haltbarkeit der Kartoffel². Wir stellten als Folge der verstärkten Stickstoffdüngung in vielen Fällen, wenn auch keineswegs in allen, ein Ansteigen des Stickstoffgehalts in den Knollen fest. Dabei nahm in einem Teil der Versuche Hand in Hand mit dem Gesamtstickstoff auch der Eiweißstickstoff zu; sehr oft beschränkte sich jedoch die Zunahme im wesentlichen auf die löslichen Stickstoffverbindungen. Die reichlichere Stickstoffdüngung führte also, wie übrigens zu erwarten war, nicht überall zu einem erhöhten N-Gehalt der Knollen, und wo tatsächlich mehr Stickstoff einwanderte, wurde dieser nicht selten überwiegend in Form von Nicht-eiweißstickstoff vorgefunden. Die starken Stickstoffgaben wirkten sich in bezug auf die Speisequalität und die Lagerfähigkeit ebenfalls von Jahr zu Jahr und

¹ A. G. McCalla, *Canad. J. Res.* 9, 542–570 (1933).

² Aus der umfangreichen Literatur über den Gegenstand erwähnen wir: J. DAVIDSON und J. A. LE CLERC, *J. agr. Res.* 23, 55–68 (1923). – W. E. GERCKE, *Soil Sci.* 13, 135–138 (1922). – A. ÅKERMAN, *Z. Züchtung A* 22, 551–563 (1938). – W. SELKE, *Bodenk. und Pflanzenernährung* 9/10, 506–535 (1938); 20, 1–49 (1940). – J. WEIGERT und H. SCHAEFFLER, *Bodenk. und Pflanzenernährung* 26, 151–179 (1942). – K. FRÖIER, *Pflanzenbau* 19, 16–42 (1942).

¹ R. KOBLET, *Schweiz. landw. Mh.* 22, 57–81 (1944).

² Über diese Untersuchungen wird demnächst im *Landw. Jb. der Schweiz* berichtet.

von Anbauort zu Anbauort verschieden aus. Sehr oft blieben sie ohne jeden Einfluß auf den Krankheitsbefall. In einzelnen Fällen wurde die Fäulnis, in anderen die Neigung zur *Schwarzfleckigkeit*, einer lästigen, physiologisch bedingten Verfärbung des Knollenfleisches, erhöht. Die Kartoffeln dürfen also nicht unbedenklich allzu reichlich mit Stickstoff gedüngt werden. Gleichzeitige gute Versorgung mit den andern Nährstoffen, insbesondere mit Kali, wirken dem Auftreten der Schwarzfleckigkeit entgegen. Da die Entwicklung des assimilierenden Blattwerks, die Anlage und das Wachstum der Knollen, wie übrigens auch die Mobilisierung des Bodenstickstoffs in starkem Maße von der Bodenart und der Jahreswitterung abhängen, ist es nicht möglich, rezeptmäßig die zusätzliche Stickstoffgabe festzulegen, welche einen hohen Knollenertrag und darüber hinaus einen optimalen Proteingehalt verbürgt, ohne die Qualität und die Haltbarkeit zu beeinträchtigen. Wie in vielen andern Fragen der landwirtschaftlichen Produktion muß hier der Entscheid im Einzelfall dem Betriebsleiter überlassen bleiben, der auf Grund seiner allgemeinen Kenntnisse und der auf seinem Boden gemachten eigenen Erfahrungen handelt.

Das Kohlehydrat-Stickstoff-Verhältnis ist schließlich auch in der *Zuckerrübe* von Bedeutung. Man strebt auch hier eine rasche und üppige Entwicklung des Assimilationsapparates an, was eine harmonische Nährstoffversorgung unter Einschluß beträchtlicher Mengen leichtlöslicher Stickstoffdünger voraussetzt. Die fertig ausgebildete Rübe soll aber möglichst wenig «schädlichen Stickstoff», der vor allem den Stickstoff der Aminosäuren umfaßt, enthalten, da dieser im Fabrikationsprozeß das Auskristallisieren des Zuckers erschwert. Der Pflanzler hat durch richtige Auswahl der Stickstoffdünger und ihre rechtzeitige Anwendung dahin zu wirken, daß der Zuckerrübe in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit nur noch verhältnismäßig geringe Mengen aufnehmbarer N-Verbindungen zur Verfügung stehen.

Züchtungsarbeit und Kulturmaßnahmen ermöglichen gewisse Verschiebungen in der Zusammensetzung der Ernteprodukte. Der bewußten Einwirkung sind aber Grenzen gesetzt, die zum Teil wirtschaftlich bedingt sind, teilweise mit der Konstitution der Pflanze und den wechselnden, vielfach nicht vorauszu- sehenden äußeren Einflüssen (Jahreswitterung, Ausmaß der Nährstoffmobilisierung im Boden) zusammenhängen. Noch weiter entfernt liegen die Möglichkeiten für die Beeinflussung der feineren qualitativen Beschaffenheit der pflanzlichen Erzeugnisse, etwa des Gehaltes an Vitaminen oder der Bausteinzusammensetzung der Eiweißstoffe. Zwar sind auch in dieser Richtung Vorarbeiten im Gange, heute vor allem in amerikanischen Versuchsstationen. Sobald Methoden bestehen, welche die serienmäßige Prüfung einer großen Zahl von Stämmen aus Kreuzungsnachkommen-

schaften gestatten, ist die Berücksichtigung solcher neuer Gesichtspunkte bei der Sortenzüchtung im Prinzip möglich. Es ist aber zu beachten, daß jede neue Anforderung, die ins Zuchtprogramm aufgenommen wird, die Chancen herabsetzt, den idealen Kombinationstyp als Träger aller gewünschten Eigenschaften in absehbarer Zeit zu finden.

Der Reservestoffhaushalt in Beziehung zur Keimung und zur Entwicklung der jungen Pflanze

Die Knospen vegetativer Vermehrungsorgane und die Samen vieler Pflanzenarten sind während bestimmter Perioden trotz günstiger Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im Austreiben gehemmt oder sie keimen nur sehr zögernd oder unter eng umgrenzten Außenbedingungen. Verschiedene Autoren bringen diese Erscheinung mit dem Zustand der Reservestoffe in Zusammenhang; sie betrachten die Keimruhe als eine Folge der mangelnden Versorgung mit löslichen Bau- und Betriebsstoffen¹. Die Untersuchungen, die wir zum Studium dieser Fragen an den Samen von *Pinus Strobus* und mit frisch geerntetem Weizen durchführten, ergaben kurz folgendes²: Weymouthskiefernnsamen mit ausgesprochenen Keimungshemmungen enthalten nicht weniger Zucker und Amino- stickstoff als Samen derselben Probe, deren Keimungsbereitschaft durch geeignete Außenbedingungen (tiefe Temperaturen) stark gefördert worden ist. Die kühl- behandelten Samen zeichneten sich auch nicht durch höhere Aktivität der proteolytischen Enzyme aus. Zu ähnlichen Ergebnissen führten die Untersuchungen beim Weizen, der unmittelbar nach der Reife bei Zim- mertemperatur nur zögernd keimt, durch niedrige Temperaturen aber zum raschen Keimen angeregt wird. Frischgeerntete, bei 5° C eingequollene Weizen- körner wiesen weder im Embryo noch im Gesamtkorn eine höhere proteolytische Aktivität auf als warm ein- gequollene, in der Folge nur sporadisch keimende Kör- ner. Ebenso wenig brachte die trockene Lagerung, welche die Keimungsbereitschaft des frischgeernteten Saatgutes sukzessive verbessert, eine Erhöhung der Proteinaseaktivität oder des Zuckergehaltes mit sich.

¹ H. MÜLLER-THURGAU, Landw. Jb. 14, 851-907 (1885). — JONES, Bot. Gaz. 69, 127-152 (1920). — PACK, Bot. Gaz. 72, 139-150 (1921). — O. H. DAVIS, Bot. Gaz. 84, 225-263 (1927). — MÜLLER-THURGAU und SCHNEIDER-ORELLI rücken in einer spätern Arbeit über die Wirkung des Warmwasserbades auf ruhende Knospen von *Convallaria majalis* die Stoffwechselvorgänge, die sich unter anderem im vermehrten Löslichwerden der Baustoffe zeigen, ebenfalls in den Vordergrund. (H. MÜLLER-THURGAU und O. SCHNEIDER-ORELLI, Flora 101, 309-373 [1910]; 104, 387-446 [1912].) Die beiden Autoren legen sich aber nicht auf diese Hypothese fest, sondern lassen auch die Möglichkeit offen, daß die durch das Warmbad bewirkte, an einer vorübergehenden starken Atmungssteigerung erkennbare Reizwirkung den Anstoß zum Wachstum geben könnte.

² R. KOBLET, Ber. schweiz. bot. Ges. 41, 199-283 (1932); C. r. Ass. int. d'Essais de Semences 228-253 (1937); Ber. schweiz. bot. Ges. 53A, 369-394 (1943).

Es konnte also bei den in die Untersuchungen einbezogenen Pflanzenarten *keine kausale Beziehung zwischen der Keimungsbereitschaft der Samen und den die Reservestoffe betreffenden stofflichen und enzymatischen Veränderungen* nachgewiesen werden. Die im Embryo liegenden, nicht unbedeutenden Reserven an Zucker, an löslichen Stickstoffverbindungen – und auch an bestimmten Vitaminen und Mineralstoffen – genügen offenbar für die ersten Bedürfnisse des wachsenden Keimlings vollaus. Ist die Keimung einmal eingeleitet, so setzt der enzymatische Abbau der hochmolekularen Reservestoffe in den Speicherorganen unverzüglich ein; das Konzentrationsgefälle zwischen diesen und den Orten raschen Verbrauchs im wachsenden Keimling trägt seinerseits zur raschen Ableitung der Spaltprodukte und zur beschleunigten Mobilisierung der erforderlichen Bau- und Betriebsstoffe bei. Über die Ursachen der Keimungshemmungen und die Art und Weise, wie bestimmte äußere Einwirkungen (z. B. tiefe Temperaturen, trockene Lagerung, Warmbad) zur Aufhebung der Ruheperiode führen, vermögen die Untersuchungen über die Umwandlung der Reservestoffe keine nähere Aufklärung zu bringen. Auf- und Abbau der hochmolekularen Speicherstoffe sind, ungeachtet ihrer großen Bedeutung für die Ernährung der jungen Keimpflanze, am Mechanismus der Keimruhe und an den die Keimung einleitenden primären Vorgängen offensichtlich nicht näher beteiligt.

Es stellt sich noch die Frage, ob die Form der Reservestoffe, bzw. der Grad der Bereitschaft zur unmittelbaren Verwendung, die Weiterentwicklung der jungen Pflanze zu beeinflussen vermag. Man hat vor allem bei der Kartoffel nach einem solchen Zusammenhang gesucht. Bei dieser Kulturpflanze ist der Anbauwert der Saatknohle, unabhängig vom vererbten Sortenwert, überaus starken Schwankungen unterworfen, welche zum Teil die Folgen des Befalls mit Viruskrankheiten sind, teilweise aber auf andern Ursachen beruhen. Es ist versucht worden, die unterschiedliche Entwicklungsfähigkeit, welche auch bei völlig gesundem Saatgut und bei günstigsten Wachstumsbedingungen beobachtet werden kann, mit den stickstoffhaltigen Reservestoffen in Beziehung zu bringen, und zwar sollte ein hoher Gehalt der Saatknohle an löslichen Stickstoffverbindungen ein rasches Keimen und eine freudige Entwicklung der jungen Pflanze bedingen¹. Von andern Autoren ist die Anschauung vertreten worden, daß ein geringer Aminosäurenanteil während der Winterruhe, gefolgt von einem Anstieg gegen die Pflanzzeit hin, charakteristisch für Saatknohlen von hohem Pflanzgutwert sei². Unsere Erntezeitversuche, auf die wir bereits in anderem Zusammenhang hingewiesen haben, ergaben keine Bestätigung

dieser Hypothesen. Diese Ergebnisse sollen am Beispiel der Sorte Afla, Anbau Reckenholz 1945, kurz erörtert werden (Fig. 7).

Das Saatgut der zweiten Ernte (28. Juli) ergab im vorliegenden Fall eindeutig den wachstumsfreudigsten Nachbau; es lieferte denn auch einen höheren Ertrag als das früher oder später geerntete Ausgangsmaterial. Die triebkräftigsten Saatknohlen stachen aber nicht

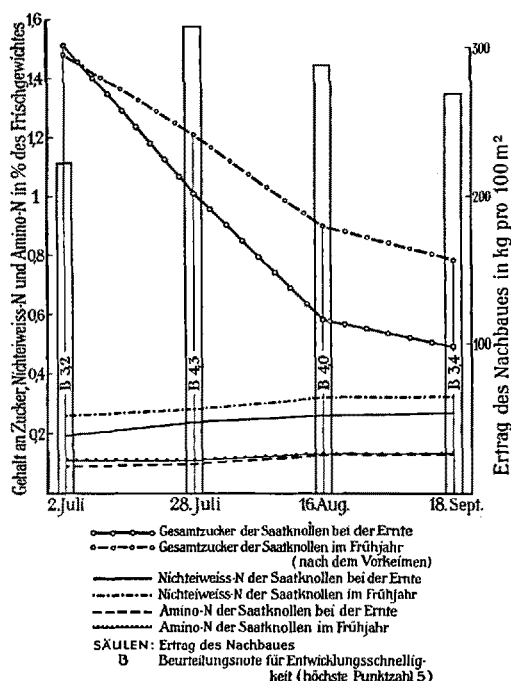


Fig. 7. Nichteisweißstickstoff-, Aminosstickstoff- und Zuckergehalt von Kartoffelsaatgut verschiedener Erntezeit in Beziehung zur Entwicklung des Nachbaues.

Sorte Afla, angebaut 1945 im Versuchsgut Reckenholz.

durch einen besonders hohen Gehalt an Nichteisweiß- bzw. an Amino-N hervor. Es bestehen auch keine Anzeichen dafür, daß in den Kartoffeln der zweiten Ernte nach Abschluß der Winterlagerung eine raschere Mobilisierung des Reserveeiweißes stattfand. Beiläufig sei erwähnt, daß zwischen der Entwicklungsschnelligkeit und dem Zuckergehalt der Saatknohle ebenfalls keine Parallelität festgestellt werden konnte.

Die Ergebnisse der beschriebenen und einer Reihe weiterer Versuche, auf welche hier raumeshalber nicht näher eingetreten werden kann, deuten darauf hin, daß die Ursachen für die *ungleiche Triebkraft* der Saatkartoffeln *außerhalb des Reservestoffwechsels* gesucht werden müssen. In welcher Weise sich die während der Entwicklung herrschenden Außenbedingungen und die Einflüsse bei der Ernte und der Lagerung in den Knospen und gegebenenfalls in den übrigen Geweben der Vermehrungsorgane ausprägen und wie als Resultante dieser Einwirkungen die wechselnde Entwicklungsfähigkeit der gebildeten Pflanze zustande kommt, entzieht sich einstweilen unserer Kenntnis.

¹ G. LINDNER, Dtsch. landw. Presse 53, 539–540, 553–554, 564–565 (1926).

² F. KOTTMEIER, Diss. Halle 1927. – K. KRÜGER, Diss. Halle 1927. Vgl. auch E. KLAPP, Pflanzenbau 10, 161 (1933).

Die Form der Reservestoffe und ihre Mobilisierung in den Speichergeweben scheinen in dieser Hinsicht ohne größere Bedeutung zu sein.

Trotzdem behalten natürlich die Reservestoffe ihre große Wichtigkeit für die *Sicherung* der Jugendentwicklung der Pflanze, die im Erdreich Fuß fassen soll. Ein reichlich beschicktes Nährreservoir gibt der Jungpflanze im Falle ungünstiger klimatischer und Bodenverhältnisse ohne Zweifel ein großes Maß von Sicherheit. Der fortschrittliche Bauer verwendet mit Recht alle Sorgfalt auf die Sortierung des Saatgutes, damit nur Samen mit wohlausgebildetem Nährgewebe der Ackererde anvertraut werden. Nicht ohne Grund ziehen unsere Landwirte, welche bei stark wechselnder Witterung Böden unterschiedlicher Güte bebauen, nicht zu kleine Pflanzkartoffeln vor, obschon ihnen ebenso gut wie den ausländischen Kollegen bekannt ist, daß kleine Saatkollen bei günstigsten Anbauverhältnissen ebenso kräftige Pflanzen liefern. Ein großer und voller Reservestoffbehälter bedeutet also für kritische Zeiten Sicherheit; Keimungsbeginn, Entwicklungsfreudigkeit und Wachstumsverlauf werden aber vor allem durch Eigenschaften der wachsenden Organe bestimmt, deren Natur schwieriger zu erfassen ist als die bei der Bildung, der Einlagerung und der Mobilisierung der Reservestoffe sich abspielenden Vorgänge.

Summary

Referring to previous papers and unpublished work on the chemical changes in the growing and ripening wheat grain and the potato tuber, some main features of the formation of reserve material in crop plants are outlined.

The course of carbohydrate storage in cereals is characterized by the temporary accumulation of fructosans in the young caryopse, the sugar deposits in the embryo, and the preponderance of starch in the ripe grain. This diversity of storage products in the different parts of the grain explains the somewhat irregular changes in the content of soluble carbohydrates during the growing process. The development of the potato tuber is followed by a gradual decrease of reducing and total sugars.

The non-protein nitrogen fractions which include the amino acids ready for protein synthesis and the residual mobile nitrogen are present in considerable amounts in the rapidly growing wheat grain. In the endosperm of the ripe grain only small amounts of amino- and amide-nitrogen are left, the embryo, however, contains a con-

siderable reserve of soluble nitrogen in the form of asparagine. The properties of the prevalent proteins of the wheat endosperm, the gluten proteins, depend largely on hereditary factors. In view of the technique of breadmaking gluten quality requires special attention in breeding work.

A review of the literature reveals the fact that the wheat plant—as any other green plant—deals in a very economic way with the absorbed and assimilated nitrogenous material. Thus about two thirds of the nitrogen of the ripe wheat grain are found to originate from compounds mobilized in the senescent leaves, stems and glumes during the development of the kernel. As a consequence of this translocation the percentage of total nitrogen in the majority of the experiments is seen to increase towards the end of the ripening process. The same holds true for the potato tuber. In this organ, up to harvest time more than 50 p. c. of the nitrogen compounds belong to the non-protein fractions.

The quality of crops depends to a considerable extent on the relation between carbohydrate and nitrogen compounds. The protein content of cereal kernels and potato tubers is influenced by varietal characters. The external conditions are, however, much more decisive of the amounts of protein and starch present in the harvested products. The climatic conditions affecting above all the development of the vegetative organs and carbohydrate production, are of major importance for size and chemical composition of the kernels. A considerable influence may be exerted also by the nitrogen supply available prior to and during the period of grain development. The effect of varying amounts of nitrogenous fertilizers on the composition and quality of the potato tuber is largely modified by climatic and soil conditions. Climatic and economic factors limit the possibilities for modifying the chemical composition of the yield by breeding work and crop producing methods.

The question whether carbohydrate or nitrogen metabolism might play a part in the inhibited germination of certain seeds is considered in view of the author's work on white pine and freshly harvested wheat seeds. No causal relation could be found between the supply of available sugars and simple forms of nitrogen and the proteolytic activity on the one hand and the after-ripening process and the initiation of germination on the other. Similar negative results were obtained with regard to the presumed influence of available non-protein nitrogen in seed tubers on the vigour of the arising potato plants. Notwithstanding the importance of reserve material in securing the nutrition of the young plant, transformations of stored carbohydrates and nitrogen compounds previous to sprouting do not seem to be involved directly in the initiation of germination and the processes determining the vigour of the resulting plant.